Docket No.: *4590-239*

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In Application of :

Frederic REMI : Confirmation No. 7861

U.S. Patent Application No. 10/721,079 : Group Art Unit: 2124

Filed: November 26, 2003 : Examiner: n/a

For: DIGITAL RANDOM GENERATOR BASED ON AN ARITHMETIC COMPRESSOR

TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

At the time the above application was filed, priority was claimed based on the following application(s):

France Application No. 0215063, filed November 29, 2002.

A copy of the priority application is enclosed.

Respectfully submitted,

LOWE HAUPTMAN GILMAN & BERNER, LLP

Kenneth M. Berner

Kenneth M. Berner
Registration No. 37,093

1700 Diagonal Road, Suite 300
Alexandria, Virginia 22314
(703) 684-1111
(703) 518-5499 Facsimile
Date: March 2, 2004
KMB/iyr

R E P U B L I Q U E F R A N Ç A I S E

62927 USA
2

INPI
INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE

4590_239

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 19 NOV. 2003

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE
SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersbourg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr

DB 267/141102
ETABLISSEMENT PUBLIC NATIONAL CREE PAR LA LOI N° 51-444 DU 19 AVRIL 1951

1er dépôt

INPI
INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE
26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION
CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

cerfa N° 11354*01

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire DB 540 W /260899

Réservé à l'INPI

REMISE DES PIÈCES DATE 25 NOV 2002
LIEU 75 INPI PARIS
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI 0215063
DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI 29 NOV. 2002

Vos références pour ce dossier *(facultatif)* 62927

1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE

Isabelle DUDOUIT
THALES INTELLECTUAL PROPERTY
13, avenue du Président Salvador Allende
94117 ARCUEIL Cedex

Confirmation d'un dépôt par télécopie ☐ N° attribué par l'INPI à la télécopie

2 NATURE DE LA DEMANDE	Cochez l'une des 4 cases suivantes
Demande de brevet	☒
Demande de certificat d'utilité	☐
Demande divisionnaire	☐
Demande de brevet initiale	N° Date / /
ou demande de certificat d'utilité initiale	N° Date / /
Transformation d'une demande de brevet européen *Demande de brevet initiale*	☐ N° Date / /

3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)

GENERATEUR D'ALEA NUMERIQUE REPOSANT SUR UN COMPRESSEUR ARITHMETIQUE.

4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE	
	Pays ou organisation Date / / N°
	Pays ou organisation Date / / N°
	Pays ou organisation Date / / N°
	☐ **S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»**

5 DEMANDEUR		☐ **S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»**
Nom ou dénomination sociale		THALES
Prénoms		
Forme juridique		Société Anonyme
N° SIREN		5 5 2 0 5 9 0 2 4
Code APE-NAF		
Adresse	Rue	173, boulevard Haussmann
	Code postal et ville	75008 PARIS
Pays		FRANCE
Nationalité		Française
N° de téléphone *(facultatif)*		
N° de télécopie *(facultatif)*		
Adresse électronique *(facultatif)*		

INPI
INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE

BREVET D'INVENTION
CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2

Réservé à l'INPI

REMISE DES PIÈCES 29 NOV 2002
DATE
LIEU 75 INPI PARIS
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI 0215063

DB 540 W /260899

Vos références pour ce dossier : *(facultatif)*		62327
6 MANDATAIRE		
Nom		DUDOUIT
Prénom		Isabelle
Cabinet ou Société		THALES
N °de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		8325
Adresse	Rue	13, avenue du Président Salvador Allende
	Code postal et ville	94117 ARCUEIL Cedex
N° de téléphone *(facultatif)*		01 41 48 45 17
N° de télécopie *(facultatif)*		01 41 48 45 01
Adresse électronique *(facultatif)*		
7 INVENTEUR (S)		
Les inventeurs sont les demandeurs		☐ Oui ☒ Non **Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée**
8 RAPPORT DE RECHERCHE		**Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)**
Établissement immédiat ou établissement différé		☒ ☐
Paiement échelonné de la redevance		**Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques** ☐ Oui ☒ Non
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES		**Uniquement pour les personnes physiques** ☐ Requise pour la première fois pour cette invention *(joindre un avis de non-imposition)* ☐ Requise antérieurement à ce dépôt *(joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence)* :
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes		

10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)

Isabelle DUDOUIT

VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI

M. ROCHET

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

L'invention concerne un Générateur d'Alea numérique reposant notamment sur un compresseur arithmétique.

Elle s'applique par exemple dans les dispositifs du domaine industriel utilisant de l'alea pur. On peut l'utiliser dans les jeux de hasard sur Internet, dans le système de tirage RAPIDO de la Française des jeux ou encore dans des calculs d'Astronomie.

Elle peut aussi être utilisée dans le domaine de la cryptologie, la sécurité des algorithmes de chiffrement et de nombreux protocoles cryptographiques reposant sur l'existence de paramètres totalement aléatoires (clés de chiffrement, challenge,...).

L'invention trouve aussi son application dans les procédures sécurisées en ligne (achat, télé-procédure, authentification de documents, etc.) reposant sur l'utilisation de la signature électronique qui accentue les besoins en aléa pur « temps réel ». Un serveur de commerce électronique doit en effet être capable d'effectuer plusieurs centaines de signatures électroniques par seconde.

La génération d'aléa numérique à l'aide d'un dispositif électronique consiste à échantillonner plus ou moins directement une grandeur instable et non reproductible. Cette grandeur peut être l'amplitude d'un signal analogique, la durée entre deux événements, etc..

L'aspect aléatoire de l'information obtenue est alors liée aux caractéristiques du signal d'origine et/ou à l'imprécision de la mesure. Dans la pratique actuelle, les industriels utilisent différentes méthodes pour générer de l'Aléa, par exemple, l'amplification analogique d'un signal bruité, l'échantillonnage d'une horloge A avec une horloge B asynchrone.

L'aléa généré par ces diverses sources physiques présente généralement des défauts statistiques caractéristiques, tels que des défauts d'équidistribution, l'existence de pseudo périodes, etc.. Ces défauts ont pour conséquence que l'entropie réelle de l'aléa produit est inférieure à son

entropie maximale théorique (l'entropie de SHANNON mesure l'information moyenne apportée par une variable aléatoire).

Plusieurs solutions plus ou moins complexes et plus ou moins coûteuses existent alors pour éliminer ces biais caractéristiques, par exemple :

- L'ajout en aval d'un dispositif cryptographique de lissage permettant de produire une suite d'aléa parfaite à partir d'une suite de débit plus élevée présentant des défauts entropiques. Le lisseur utilisé est dans la pratique un Générateur de Pseudo Aléa (GPA) pouvant être implémenté soit en matériel, soit en logiciel en fonction des contraintes souhaitées de sécurité et de débit. La figure 1 représente le schéma d'un tel dispositif,
- L'utilisation de plusieurs sources physiques en parallèle pour lisser les défauts.

Par ailleurs, la complexité de ces différentes architectures (implémentation du GDA dans deux FPGA) fournissent des méthodes de génération d'aléa qui ne sont pas adaptées, en terme de débit, aux besoins «temps réel » en aléa parfait.

La demande de brevet EP 1 223 506 décrit un générateur d'aléa qui met en œuvre une méthode de compression à base de dictionnaire. Cette méthode est bien adaptée à la compression de sources à forte redondance mais ne convient pas pour la compression de suites binaires provenant de l'échantillonnage d'une source physique.

L'idée sur laquelle reposent le procédé et le dispositif selon l'invention utilise notamment le concept d'extracteur d'Aléa. Un extracteur d'aléa est un dispositif déterministe qui est destiné à être inséré à la suite d'une source d'aléa physique pour en supprimer les défauts.

L'invention concerne un générateur de nombres aléatoires adapté à recevoir en entrée un nombre de bits provenant d'une source physique. Il est caractérisé en ce qu'il comporte en combinaison au moins une source physique générant des symboles, un codeur arithmétique et des moyens

adaptés à lisser les biais résiduels en sortie du codeur. L'association du codeur arithmétique et de la fonction linéaire est appelé extracteur d'aléa et constitue le dispositif déterministe du générateur d'aléa.

L'invention concerne aussi un procédé permettant de générer des nombres aléatoires comportant en combinaison au moins les étapes suivantes :

- Recevoir plusieurs symboles d'une source physique,
- Transmettre les symboles à une étape de codeur arithmétique,
- Lisser les symboles codés en utilisant une fonction linéaire.

L'invention présente notamment les avantages suivants :

- Une facilité d'implémentation aussi bien en matériel qu'en logiciel,
- Une possibilité d'offrir des débits en aléa parfait qui correspondent aux besoins des serveurs de commerce électronique (e-commerce),
- Une adaptabilité de l'extracteur par rapport aux caractéristiques de la source physique qui sont susceptibles d'évoluer au cours du temps,
- La possibilité d'implémenter une source physique rudimentaire pouvant éventuellement générer des suites binaires ayant de faibles caractéristiques aléatoires (fort biais à l'équidistribution, dépendances entre les bits générés : caractère markovien).

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description qui suit d'un exemple donné à titre illustratif et nullement limitatif annexé des figures qui représentent :

- La figure 1 un synoptique de Générateur d'Aléa implémenté selon l'état de l'art antérieur,
- La figure 2 un schéma bloc fonctionnel d'un exemple d'architecture d'un générateur aléatoire selon l'invention,
- La figure 3 un diagramme du codeur arithmétique,
- La figure 4 un synoptique de la fonction linéaire de sortie.

La figure 2 fournit un schéma synoptique d'un exemple d'architecture de Générateur d'Aléa selon l'invention. Il comporte par exemple une source physique quelconque 1 et un extracteur d'aléa 2 disposé juste après. L'extracteur d'aléa 2 se compose d'un codeur arithmétique 3 et d'une fonction linéaire de sortie 4.

Pour une mise en œuvre simple de la source, on peut par exemple générer un signal numérique oscillant, dont la fréquence est instable en fonction de la température, de la tension d'alimentation et de la dispersion des caractéristiques entre puces électroniques. Il suffit alors d'échantillonner ce signal à l'aide d'une horloge issue du système (horloge du microprocesseur de la carte par exemple). Les deux horloges étant asynchrones et glissantes l'une par rapport à l'autre, le signal résultant est peu prédictible et peu reproductible.

Le codage arithmétique est un codage statistique dynamique qui s'adapte aux caractéristiques de la source physique. Le codeur est par exemple paramétré pour traiter les symboles générés par la source physique indépendamment les uns des autres (modèle de Bernoulli) ou bien de façon dépendante (modèle de Markov). Dans l'exemple donné, le modèle choisi est un modèle Markovien qui se révèle particulièrement efficace pour modéliser le type de source physique que nous décrivons dans cette invention.

La loi de probabilité utilisée par le compresseur est par exemple ajustée en permanence en fonction des symboles réellement apparus.

Un des intérêts de l'invention est que le codeur arithmétique est très simple à implémenter en matériel. Le GDA (Générateur d'Aléa) constitué par la source physique, le codeur et la fonction linéaire de sortie est par exemple implémentable dans un composant programmable de type FPGA. Les étapes du procédé sont réalisées dans un calculateur programmé pour exécuter certaines taches algorithmiques.

En conséquence, la loi de probabilité utilisée par le compresseur est ajustée en permanence en fonction des symboles réellement apparus.

Le principe du codage arithmétique est de coder un message par un nombre représenté par exemple en numération binaire et en virgule flottante. Ce nombre est issu de calculs d'intervalles emboîtés. Chaque intervalle correspond à un symbole de la source et sa taille est proportionnelle à sa fréquence d'occurrence. La compression est obtenue en notant que le nombre de chiffres significatifs nécessaires pour décider de l'appartenance à un intervalle est plus faible que pour les gros intervalles.

Chaque symbole s est par exemple représenté par un intervalle $[m_s, M_s]$ de telle sorte que :

- La taille de l'intervalle $\Delta = M_s - m_s$ est proportionnelle à la probabilité d'apparition du symbole *s* ;
- Les intervalles sont disjoints ;
- La réunion des intervalles est égale à l'intervalle [0,1]

L'algorithme de codage est alors le suivant :

1. initialiser $m \rightarrow 0$ et $M \rightarrow 1$
2. mettre à jour pour chaque symbole s du message à comprimer :
   a. $\Delta \leftarrow M - m$;
   b. $m \leftarrow m + \Delta \times m_s$;
   c. $M \leftarrow m + \Delta \times M_s$
3. le message comprimé est la dernière valeur de m.

L'exemple chiffré donné ci-après illustre de manière simpliste le codage arithmétique en virgule flottante.

La source physique utilisée est S={a,b,c}. Les fréquences d'occurrence des trois symboles sont donnés dans le tableau 1 ci dessous :

Symbole	**Fréquence**	**$[m_s, M_s]$**
a	1/2	(0.0, 0.5)
b	1/4	(0.5, 0.75)
c	1/4	(0.75, 1.0)

Le tableau 2 ci après décrit les étapes du codage de la chaîne de caractère « *baca* ». Le message comprimé est la dernière valeur de *m*

Symboles à coder	**Taille de l'intervalle**	**m**	**M**
		0	1
b	1	0.5	0.75
a	0.25	0.5	0.625
c	0.125	0.59375	0.625
a	0.03125	**0.59375**	0.609375

La figure 3 schématise un exemple d'architecture d'un codeur arithmétique.

Le codeur comporte par exemple une table des statistiques ou RAM 13, recevant des informations de contexte 12. Les informations de contexte sont délivrées par la source physique sous la forme d'un caractère courant. Des registres de 16 bits (référencés 10 et 11) mémorisent les valeurs inférieure et supérieure de l'intervalle précité. Une unité logique (ALU) 14 est programmée pour effectuer une mise à jour des valeurs des bornes des intervalles Inf et Sup en fonction des nouvelles tables statistiques stockées en RAM 13.

Un comparateur 15 effectue une comparaison des registres Inf et Sup et délivre les bits de poids forts que ces registres ont en commun.

Le compressé de la source est un intervalle qui est décrit, à chaque instant par les deux registres 10, 11 qui contiennent respectivement la borne inférieure et la borne supérieure. Seuls les 16 derniers bits significatifs de l'intervalle courant sont mémorisés, c'est-à-dire, ceux à partir desquels les chiffres sont distincts.

Les étapes de codage d'un symbole consistent par exemple à :

- Mettre à jour la table des statistiques 13 sur les symboles d'entrée en fonction des contextes 12, i.e, les symboles précédents,
- Calculer par une règle de trois, au moyen d'une ALU 14, les nouvelles valeurs des bornes de l'intervalle,
- Vider les registres des bits de poids fort qu'ils ont en commun. Ces bits constituent la sortie du comparateur 15.

Dans la pratique, on utilise par exemple l'arithmétique entière et non pas réelle. Les registres ayant des tailles plus réduites que le message à comprimer, on vide au fur et à mesure que les nouveaux symboles à coder arrivent les registres contenant les valeurs de m et de M des bits de poids fort qu'ils ont en commun.

La figure 4 schématise un exemple de moyens permettant de mettre en œuvre la fonction linéaire de sortie. Cette dernière a notamment pour but de lisser les biais résiduels qui peuvent subsister en sortie de la fonction de compression. Elle a été conçue pour que, si les entrées ont un biais résiduel majoré par une quantité ε, alors les composantes de l'octet de sortie auront un biais résiduel majoré par ε^8 (d'où la propriété de lissage).

La fonction linéaire est formée en matériel par exemple par un registre de 16 bits, c'est à dire 16 bascules élémentaires D. En soft (en langage C), on le déclare comme un mot de type unsigned short.

La fonction linéaire de sortie comporte par exemple une entrée série 20 et une sortie parallèle 21 sur un nombre de bits donné, par exemple

8 bits. Elle produit un octet d'aléa pour 16 avances de l'horloge et 16 symboles binaires aléatoires extraits du codeur arithmétique. Elle comprend par exemple une mémoire interne de 16 bits.

Lorsqu'on représente l'état interne par un polynôme de degré au plus 15, la fonction de transition de cet automate est :

$$U_{t+1} \leftarrow (XU_t + e_t A) \bmod P$$

où :

- U_t représente l'état interne de l'automate à l'instant t ;
- A est une constante multiplicative polynomiale égale à : $1 + X + X^2 + X^3 + X^4$
- P est le polynôme de rebouclage égal à : $1 + X^2 + X^3 + X^5 + X^{16}$
- e_t est l'entrée binaire à l'instant t.

L'automate est par exemple une fonction mathématique déterministe qui possède un état interne évoluant au court du temps en fonction d'une fonction de transition.

L'exemple chiffré donné ci-après permet de mieux illustrer le principe de fonctionnement de l'invention.

Choix des paramètres du compresseur

Le compresseur (codeur) arithmétique nécessite une mémoire pour stocker les données statistiques de la source. La taille *t* en nombre de mots de cette mémoire est donnée par :

$$t = 2^{r+1} \times m = 2^{n(r+1)}$$

où :

- *r* est l'ordre du modèle markovien considéré; les probabilités d'apparition des symboles dépendent des *r* symboles précédents de la source ;

- m est la taille d'ensemble des symboles si on considère des symboles binaires de n bits, on a $m = 2^n$.

Pour une taille de mémoire donnée, il existe plusieurs combinaisons de paramètres r et n envisageables. Pour une taille de 4 kilos mots, les deux choix extrêmes sont :

- un modèle d'ordre 0 avec des symboles de 12 bits;
- un modèle d'ordre 11 avec des symboles binaires.

Une expérience a été conduite avec différentes valeurs des paramètres r et n sur une source constituée de variables aléatoires de Bernoulli de paramètre p = 0,6. Pour ce type de source, le taux maximal de compression, obtenue lorsque l'entropie des symboles en sortie du compresseur est maximale, est égal à 2.9.

Les taux de compression observés sont donnés dans le tableau 1. Pour minimiser l'entropie des symboles en sortie du compresseur, il faut chercher à obtenir le taux de compression le plus élevé. Ces résultats montrent qu'il est avantageux de travailler sur des symboles binaires.

La baisse du taux de compression observé lorsqu'on augmente l'ordre résulte du fait qu'il faut plus longtemps pour obtenir des résultats discriminants dans la table des statistiques. De plus, comme la source est d'ordre 0 dans cette expérience, une compression d'ordre 0 suffit pour obtenir les meilleurs résultats.

En conclusion, le choix est celui d'un modèle d'ordre maximal qui opère sur des symboles binaires.

Performances de l'extracteur

Pour évaluer les performances de l'extracteur, la fonction de compression a été soumise au test suivant. La fonction de compression opère sur des symboles binaires (n = 1) et un modèle d'ordre *r* = 8. Deux modèles de sources ont été simulés :

- Une source de Bernoulli de paramètre p;
- Une source de Markov équidistribuée sur $\{0,1\}^8$ et dont la transition est contrôlée par un paramètre *p;* Cette source est de la forme :

$$X_n = f(X_{n-1},...,X_{n-7}) \oplus X_{n-8} \oplus Y_n$$

où *f* est une fonction équidistribuée quelconque, et $(Y_n)_{n\geq 0}$ est une suite de variables aléatoires indépendantes de même loi de Bernoulli *et* de paramètre *p;* Les 8 premiers termes sont les composantes d'un vecteur aléatoire $(X_0,...,X_7)$ de loi uniforme sur $\{0,1\}^8$.

Les deux sources ci-dessus ont été choisies pour les raisons suivantes :

1. Elles modélisent un grand nombre de sources d'aléa physique :

- cas d'une source où les symboles sont indépendants, mais non équidistribués ;

- cas d'une source où les symboles sont équidistribués, mais non indépendants ;

2. On connaît le taux de compression théoriquement atteignable pour ce type de source; il est égal à :

$t = 100 \times (1 - H(p))$ où

-p est le paramètre qui définit le biais de la source ;

-*H(p)* est la fonction d'entropie binaire égale à $-2\log_2(p)-(1-p)\log_2(1-p)$

Un plan de tests statistique classique de la source avant et après compression donne les résultats suivants. La taille de la source est de 220 octets et l'évaluation de l'entropie a été effectuée sur fenêtre coulissante jusqu'à l'ordre 12. Les résultats sont consignés dans les tableaux 3 et 4, regroupant le taux de compression observé ainsi que le taux de compression maximal pour le type de source considéré.

L'examen des résultats montre que le taux de compression observé est très proche du taux théorique. Lorsqu'il est soumis à une source de Markov d'ordre inférieur à l'ordre du modèle du compresseur, la sortie de ce dernier est considérée comme constituée de symboles aléatoires équidistribués et indépendants.

Paramètre p	Test Statistique avant compression	Taux de compression observé	Test Statistique après compression	Taux de compression Théorique
0,55	**KO**	**0,5%**	**0K**	**0,7%**
0,6	**KO**	**2,65%**	**0K**	**2,9%**
0,7	**KO**	**11,65%**	**0K**	**11,87%**
0,8	**KO**	**27,65%**	**0K**	**27,8%**

Tableau 3: compression d'une source de bernoulli p

Paramètre p	Test Statistique avant compression	Taux de compression observé	Test Statistique après compression	Taux de compression Théorique
0,55	**KO**	**0,697%**	**0K**	**0,7%**
0,6	**KO**	**2,878%**	**0K**	**2,9%**
0,7	**KO**	**11,834%**	**0K**	**11,87%**
0,8	**KO**	**27,778%**	**0K**	**27,8%**

Tableau 4: compression d'une source de Markov équidistribuée d'ordre 8 de paramètre.

5

REVENDICATIONS

1 – Générateur d'aléa adapté à recevoir en entrée un nombre de bits provenant d'une source physique quelconque caractérisé en ce qu'il comporte en combinaison au moins une source physique générant des symboles, un codeur arithmétique et des moyens adaptés à lisser les biais résiduels de sortie.

2 – Générateur selon la revendication 1 caractérisé en ce que les moyens adaptés à lisser les biais résiduels de sortie sont constitués d'une fonction linéaire de sortie permettant de lisser les biais résiduels de sortie.

3 – Générateur selon l'une des revendications 1 et 2 caractérisé en ce que le codeur arithmétique comporte au moins une table des statistiques sur les symboles d'entrée recevant une information des contextes, plusieurs registres, un comparateur et une unité logique.

4 – Générateur selon l'une des revendications 1 et 2 caractérisé en ce que les moyens adaptés à lisser les biais comportent un registre, une entrée série et une sortie parallèle.

5 – Procédé pour générer des nombres aléatoires comportant en combinaison au moins les étapes suivantes :

- Recevoir plusieurs symboles d'une source physique,
- Transmettre les symboles à une étape de codeur arithmétique,
- Lisser les symboles codés en utilisant une fonction linéaire.

6 – Procédé selon la revendication 5 caractérisé en ce que l'étape de codage consiste à coder les symboles par un nombre issu de calculs d'intervalles emboîtés, un intervalle [ms, Ms] correspondant à un symbole s et ayant une taille proportionnelle à sa fréquence d'occurrence.

7 - Procédé selon la revendication 6 caractérisé en ce qu'il comporte au moins les étapes suivantes

- Mettre à jour une table des statistiques (13) sur les symboles d'entrée en fonction des contextes (12), i.e, les symboles précédents,
- Calculer par une règle de trois, les nouvelles valeurs des bornes de l'intervalle [ms, Ms],
- Vider les registres des bits de poids fort qu'ils ont en commun.

8 - Procédé selon la revendication 6 caractérisé en ce que le codage comprend les étapes suivantes

1. initialiser $m \rightarrow 0$ et $M \rightarrow 1$

2.mettre à jour pour chaque symbole s du message à comprimer :

a. $\Delta \leftarrow M - m$;

b. $m \leftarrow m + \Delta \times m_s$;

c. $M \leftarrow m + \Delta \times M_s$

3. choisir le message comprimé comme étant la dernière valeur de m.

9 - Procédé selon la revendication 5 caractérisé en ce que la fonction de lissage fait appel à un polynôme de degré au plus égal à 15.

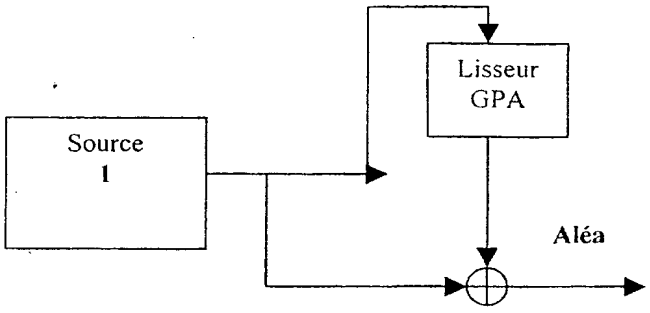


FIG.1

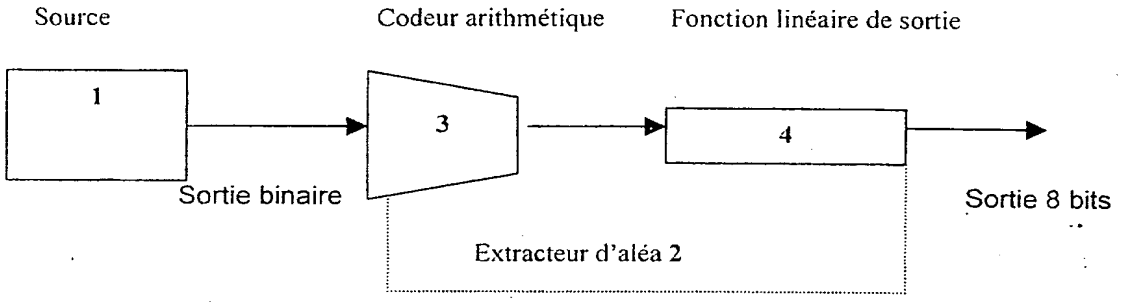


FIG.2

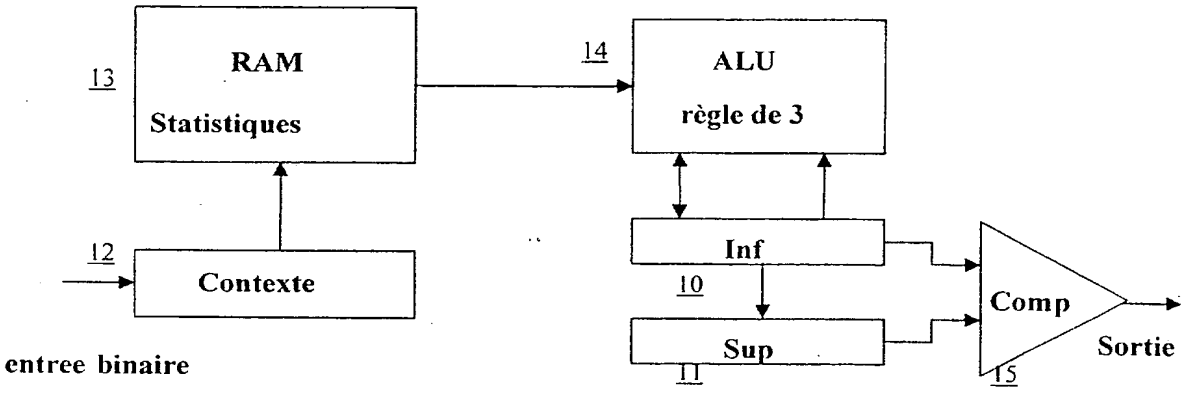


FIG.3

reçue le 11/02/03

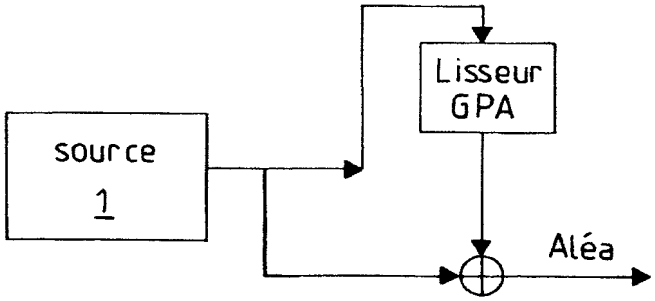


FIG.1

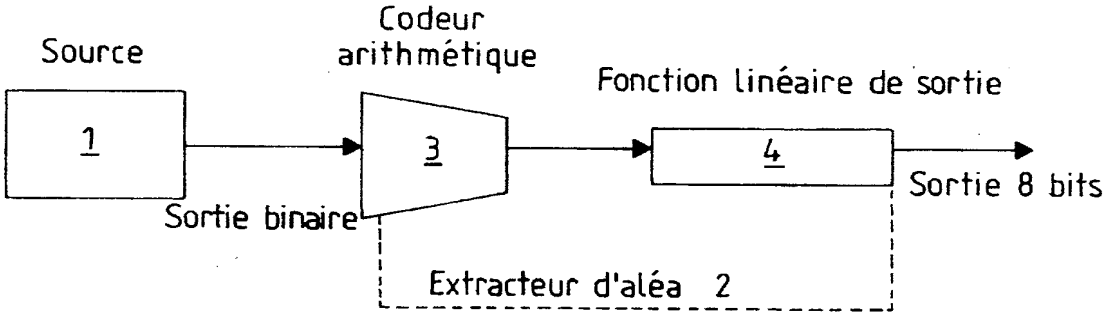


FIG.2

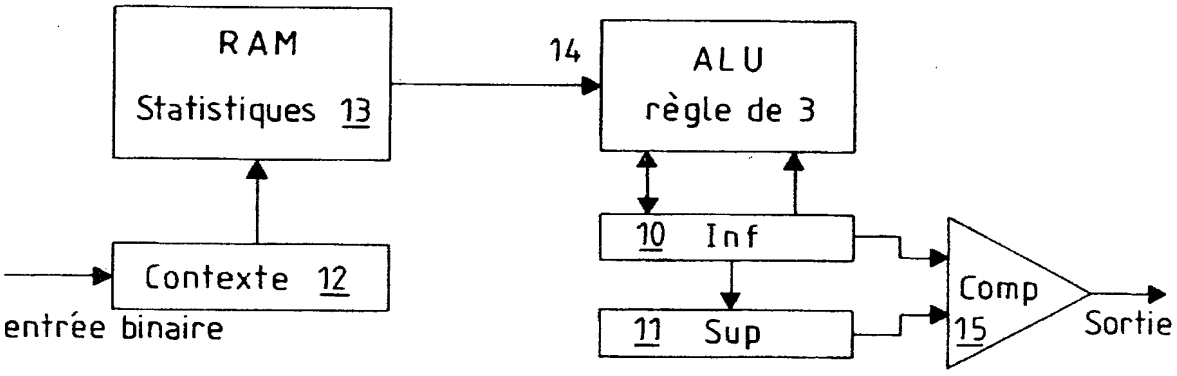
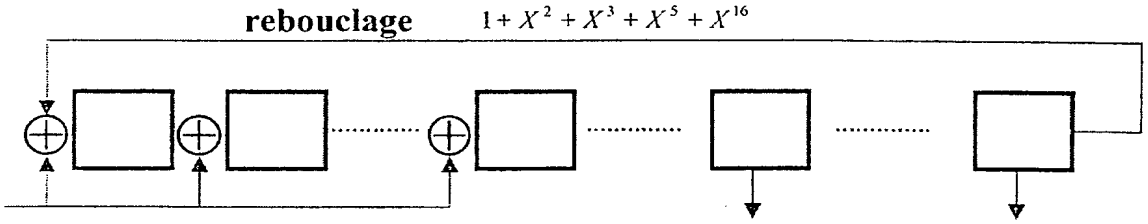


FIG.3



Entrée Série 20

Sortie 8 bits 21

Multiplicateur : $1+X+X^2+X^3+X^4$

FIG.4

reçue le 11/02/03

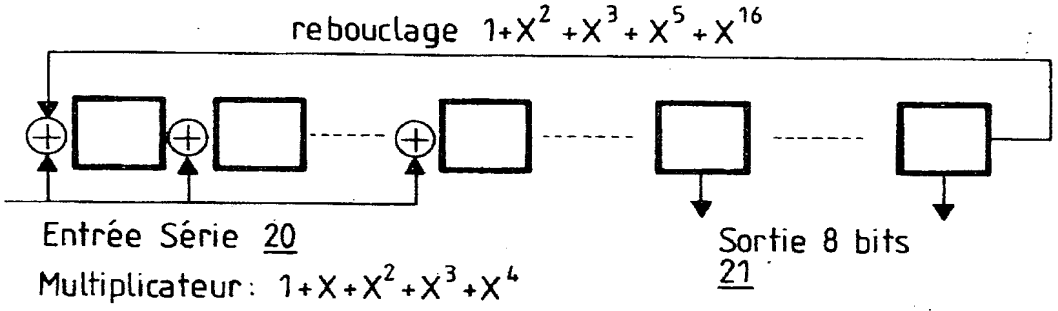


FIG.4

reçue le 24/12/02

INPI
INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE

DÉPARTEMENT DES BREVETS
26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

BREVET D'INVENTION
CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

cerfa N° 11235*02

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1../1..
(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire — OB 113 W /260899

Vos références pour ce dossier *(facultatif)*	62927
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL	0215063

TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)

GENERATEUR D'ALEA NUMERIQUE REPOSANT SUR UN COMPRESSEUR ARITHMETIQUE.

LE(S) DEMANDEUR(S) :

THALES

DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).

Nom		REMI	
Prénoms		Frédéric	
Adresse	Rue	THALES INTELLECTUAL PROPERTY 13, avenue du Président Salvador Allende	
	Code postal et ville	94117	ARCUEIL Cedex
Société d'appartenance *(facultatif)*			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance *(facultatif)*			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance *(facultatif)*			

**DATE ET SIGNATURE(S)
DU (DES) DEMANDEUR(S)
OU DU MANDATAIRE
(Nom et qualité du signataire)**

Isabelle DUDOUIT

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.